Vol.12, No.3, Fall 2023, pp.1-21 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2022.75706.1193 Open access

# Investigating the Mining Risks in Active Tectonic Regions using the Radar Interferometry Method (Case Study: Azarshahr Dashkasan)

**Seyyed Assadollah Hejazi[a*], Reza Abbasian Valandar[b]**

[a] *Associate Professor in Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
[b] *PhD Candidate in Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

***Received: 7 March 2022*** ***Revised: 22 April 2022*** ***Accepted: 7 June 2022***

## Abstract

Dashkasan is one of the historical villages of East Azarbaijan province, located in Shiramin village, part of the suburbs of Azarshahr, located south of Tabriz, the west of Sahand volcano. In this paper, to investigate the increase in instability in the Azarshahr Dashkasan mineral region, tectonic studies were conducted. Based on field observations, the normal Dashkasan fault has led to a displacement of 10 cm folding units at a height of 1373 meters above sea level. Therefore, the activation of tectonics is quite evident in terms of field observations. Adaptating the results with the remote sensing map of the studied area, it was determined that the most displacement, and by which stone was fractured, occurred along the normal sub-faults in the northwest-southeast part. Considering that shear joints are also developed in the northwest, mines should also have abundant fractures in the central and southern parts of the Dashkasan region, so extracting and exploring this range is not correct. In addition to the railroad, the tunnel and part of the main road are at risk of the normal active fault zone and slope instability. The density of mineral activities in Dashkasan region is very high and necessary where the slope of the range is very steep, especially in mineral areas and abundant fractures that are adjacent to engineering projects such as tunnels and railway lines. There must be necessary measures for slope stabilization. Therefore, the activity of mining and exploration in the environment should not put people at risk.

**Keywords:** Tectonic, Hillside Instabilities, Mining, Displacement Map, Azarshahr Dashkasan

---

[*].Corresponding author: Seyyed Assadollah Hejazi Email: S.hejazi@tabrizu.ac.ir Tel: + 989144039787

**How to cite this Article:** Hejazi, S. A., & Abbasian valandar, R. (2023). Investiging mining risks in active tectonic regions using the radar interferometry method (case study: Azarshahr Dashkasan). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(3), 1-21.
**DOI: 10.22067/geoeh.2022.75706.1193**

Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 3 - Number 47, Fall 2023
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75706.1193

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارۀ چهل و هفتم، پاییز ۱۴۰۲، صص ۲۱-۱

مقاله پژوهشی

# بررسی مخاطرات معدن‌کاوی در مناطق فعال تکتونیکی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری (مطالعۀ موردی: داشکسن آذرشهر)

سید اسدالله حجازی[1]– دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکدۀ برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
رضا عباسیان ولندر – دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکدۀ برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۱۷

## چکیده

داشکسن یکی از روستاهای تاریخی استان آذربایجان شرقی است و در دهستان شیرامین بخش حومۀ شهرستان آذرشهر، در جنوب شهر تبریز و غرب آتشفشان سهند واقع شده است. در این نوشتار با هدف بررسی افزایش ناپایداری دامنه‌ای در ناحیۀ معدنی داشکسن آذرشهر، اقدام به بررسی‌های تکتونیکی نموده و بر اساس مشاهدات میدانی، گسل نرمال داشکسن منجر به جابه‌جایی واحدهای چین‌خورده به اندازۀ ۱۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۱۳۷۳ متر از سطح دریا شده است لذا فعال بودن زمین‌ساخت به لحاظ مشاهدات میدانی کاملاً آشکار است. با انطباق گسل‌ها با نقشۀ جابه‌جایی منطقۀ موردمطالعه می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین جابه‌جایی و به‌موجب آن شکستگی سنگ‌ها در ارتباط با گسل‌های نرمال فرعی با راستای شمال‌غرب – جنوب شرق است و با توجه به اینکه درزه‌های برشی نیز در راستای شمال‌غرب توسعه دارند؛ معادن نیز باید در بخش‌های مرکزی و جنوب منطقۀ داشکسن دارای شکستگی فراوان باشند بنابراین استخراج و کاوش در این محدوده صحیح نیست و علاوه بر این راه‌آهن، تونل و بخشی از جادۀ اصلی در معرض خطر از ناحیۀ گسلش نرمال فعال منطقه و ناپایداری‌های دامنه‌ای هستند. تراکم فعالیت معدنی در

۱ نویسنده مسئول:۰۹۱۴۴۰۳۹۷۸۷ Email: S.hejazi@tabrizu.ac.ir

**نحوه ارجاع به این مقاله:**

حجازی، سید اسدالله؛ عباسیان ولندر، رضا؛ ۱۴۰۲. بررسی مخاطرات معدن‌کاوی در مناطق فعال تکتونیکی با استفاده از روش تداخل سنجی راداری (مطالعۀ موردی: داشکسن آذرشهر). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۳). صص ۲۱-۱
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75706.1193

منطقهٔ داشکسن بسیار بالاست و لازم است در نقاطی که شیب دامنه بسیار زیاد است، به‌خصوص در مناطق معدنی دارای درزه و شکستگی فراوان که در مجاورت پروژه‌های مهندسی از قبیل تونل و خطوط راه‌آهن هستند باید اقدامات لازم برای پایدارسازی دامنه‌ای صورت گیرد؛ بنابراین فعالیت استخراج و کاوش معادن در محیط نباید منجر به خطر افتادن جان مردم گردد.

**کلیدواژه‌ها:** تکتونیک، ناپایداری دامنه‌ای، معدن کاری، نقشهٔ جابه‌جایی، داشکسن آذرشهر

**۱- مقدمه**

ناپایداری‌های دامنه‌ای شامل جدایش تکه سنگ‌ها از ارتفاعات و جابه‌جایی آن‌ها تحت تأثیر نیروهای تکتونیکی از پدیده‌های طبیعی هستند که همه‌ساله در مناطق پرشیب کوهستان‌ها به‌وفور رخ می‌دهند (حاجی حسینلو و عباسیان ولندر، ۱۳۹۸). در دهه‌های اخیر، تشدید فعالیت‌های انسانی در مناطق کوهستانی به‌ویژه کاوش معادن منجر به بروز آشفتگی‌های عمده در سطوح شیب‌دار و تسریع در عملکرد مکانیسم‌های طبیعی منجر شده است و بر شدت ناپایداری‌های دامنه‌ای در محیط تأثیر گذاشته است. شهرستان آذرشهر یکی از نواحی فعال تکتونیکی و معدنی در شمال غرب ایران محسوب می‌شود و با قابلیت‌های ویژهٔ زمین‌شناسی و جاذبه‌های گردشگری فراوان دارای مجموعهٔ تراورتنی بی‌نظیر به‌خصوص در منطقهٔ داشکسن در شرق دریاچهٔ ارومیه شناخته شده است ولی اینک معادن بسیاری در این مجموعهٔ تراورتنی فعال هستند و آن را در معرض نابودی قرار داده‌اند (پور قاضی و همکاران، ۱۳۹۳). مطالعهٔ مکان مناسب برای کاوش معادن به دلیل این‌که مناظر طبیعی دچار تغییر و تحولات می‌شوند مربوط به دانش ژئومورفولوژی است (هایف[1]، ۱۹۷۸) و درک بهتری از مخاطرات کاوش بی‌دلیل در ژئوسایت‌ها می‌دهد (ساتو[2]، ۲۰۱۰). جهت انجام مطالعات ژئومورفولوژیکی در مورد معادن؛ ابتدا باید منطقهٔ موردمطالعه را به لحاظ وضعیت ریخت‌شناسی مورد بررسی قرار داد و سپس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، وضعیت سنگ‌شناسی و شکستگی‌های منطقه تعیین می‌شوند و درنهایت با استفاده از اطلاعات به دست آمده؛ مناطق دارای پتانسیل معدنی شناسایی شده و جهت انجام مطالعات بیشتر در مراحل بعدی اکتشاف معرفی می‌شوند (مصطفایی، ۱۳۹۰).

(ملکی و همکاران، ۱۳۹۱) در مقالهٔ خود در مورد بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی معدن در شهرستان کرمانشاه نتیجه گرفتند که فرآیندهای مورفولوژیکی نظیر تسریع فرسایش، تسریع فرآیندهای دامنه‌ای، افزایش بار بستری و پدیدهٔ ریزش شدت یافته است. (سپاسدار و همکاران، ۱۳۹۸) تأثیر تکتونواستراتیگرافی را بر محیط‌زیست معدن سرب و روی کوه سورمه استان فارس بررسی کردند و بر اساس ستون چینه‌شناسی تهیه شده در کوه سورمه، تکتونیک منطقه مانند یک فیلتر طبیعی منجر به جذب فعال سرب در محدوده شده است. (حاج علی اوغلی و همکاران، ۱۳۹۱)

1 (Haigh, 1978)
2 (Suto, 2010)

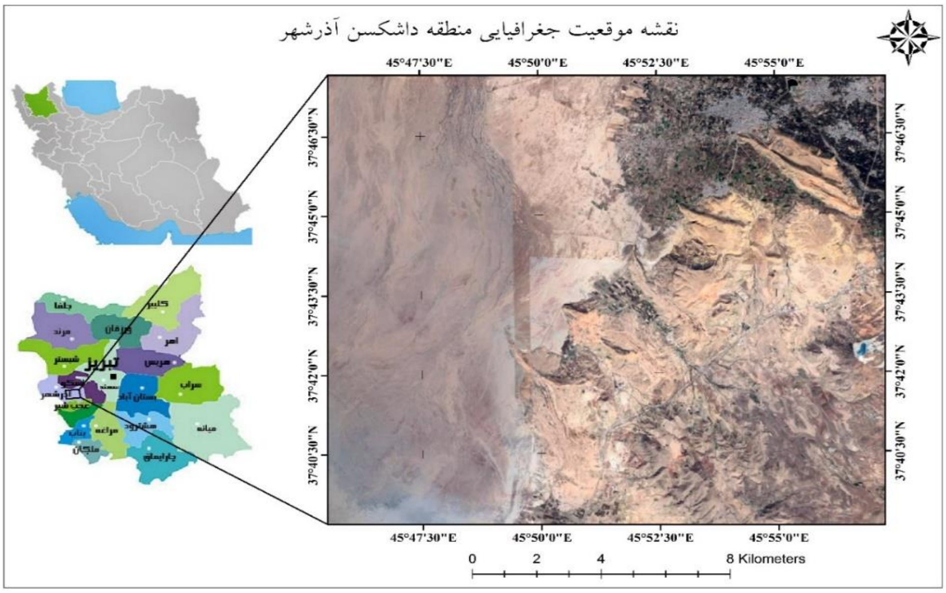
به دلیل وسعت ناحیهٔ تربت‌حیدریه کاشمر، مطالعهٔ تکتونیکی افیولیت‌ها را بر اساس علم سنجش از راه دور انجام دادند و با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای (اس آر تی ام[1])، (ای تی ام[2]) و دانش مورفوتکتونیک توانستند شاخص‌های تکتونیکی فعال را نیز در منطقه مورد شناسایی قرار دهند. (حیدری جوانمردی و همکاران، ۱۳۹۵) به‌منظور شناسایی اکسید آهن (مگنتیت) در محدودهٔ معدنی چادرملو یزد و تعیین نقاط حفاری اکتشافی از تکنیک‌های «نسبت باندی» و «آنالیز مؤلفه‌های اصلی» و به‌کارگیری آن‌ها در تصاویر سنجدهٔ OLI ماهواره‌ی لندست استفاده کردند. (علوی پناه و قربانی، ۱۳۸٦) نقش سنجش از راه دور و بررسی‌های میدانی در تجزیه‌وتحلیل‌های مورفوتکتونیکی منطقهٔ بم را بررسی کردند و بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که به وجود آمدن تدریجی یک پرتگاه ۱۵ – ۲۰ متری، انحراف جریان‌های سطحی، وجود آبکندهای (خندق) عمیق و ناپایداری‌های دامنه‌ای همگی بیانگر بی‌ثباتی منطقهٔ بم از نظر تکتونیکی است. با توجه به این شواهد، امکان فعالیت مجدد گسل‌های منطقه در آینده نیز وجود دارد. به‌منظور بررسی مخاطرات معدنکاری در محیط از داده‌های سنجش از راه دور به‌صورت گسترده استفاده شده است؛ (الهی و همکاران، ۱۳۹۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (آستر[3]) و (ای تی ام) و مدل رقومی (دم[4]) و آنالیزهای دور سنجی، مسائل زیست‌محیطی ناشی از پراکنش زغال‌سنگ در سطح منطقهٔ زغالی کرمان را به دلیل عوامل طبیعی و انسانی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس این مطالعه تغییر شکل‌های تکتونیکی متناوب منجر به آشکار شدن رخنمون‌های زغالی، در سطح زمین شده است و همچنین عدم پوشش گیاهی در ناحیه و رخنمون آثار زون‌های زغالی، زمینه را برای پراکندگی زغال فراهم نموده است. (قربانی و همکاران، ۱۳۹٤) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (ژئوآی[5]) و مطالعات زمینی و نمونه‌برداری از دگرسانی‌ها، دپوی ماده معدنی و همچنین پوشش گیاهی و منابع آب موجود در منطقه توزیع عناصر سرب و روی در منطقهٔ معدنی روی گوجر، استان کرمان را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. علاوه بر مسائل زیست‌محیطی از تکنیک سنجش از راه دور می‌توان برای ارزیابی ناپایداری دامنه‌ای استفاده نمود؛ (افشاری و همکاران، ۱۳۹۸) ناپایداری دامنه‌ها در ناحیه راه‌آهن لرستان با استفاده از روش تداخل سنجی تفاضلی راداری موردمطالعه قرار دادند و نتایج این پژوهش نشان داد که داده‌های راداری و روش پردازش تداخل سنجی تفاضلی به دلیل پوشش گسترده و فراوانی دیتا و دقت بالا، از پتانسیل خوبی برای آشکارسازی ناپایداری دامنه‌ها و محاسبهٔ میزان جابه‌جایی آن‌ها برخوردار است. همچنین می‌توان به کارهایی که در مورد ناپایداری دامنه‌ای و تکنیک سنجش از راه دور (دانگ و همکاران، ۲۰۱۸[6]؛ اینفانته و همکاران، ۲۰۱٦[7]؛ لازکی و همکاران، ۲۰۱۵[8]؛ روستایی و

1 (SRTM)
2 (ETM)
3 (Aster)
4 (DEM)
5 (GeoEye)
6 (Dong et al., 2018)
7 (Infante et al., 2016)
8 (Lazecky et al., 2015)

همکاران، ۱۳۹۲؛ احمدزاده و همکاران، ۱۳۹٤) انجام شده است، اشاره کرد؛ بنابراین به‌منظور شناخت دلیل افزایش باطلهٔ معدنی از نظر تکتونیکی و مخاطرات ناشی از آن در محیط که منجر به خردشدگی بیشتر سنگ‌ها می‌گردد؛ باید به بررسی شواهد میدانی چشم‌اندازها بپردازیم و نتایج مطالعاتی خود را با مدل جابه‌جایی سنجش از راه دور منطقه مقایسه کنیم تا بتوانیم علل افزایش باطله معدنی در مکان‌های تکتونیکی را بررسی کنیم. ما نیز در این نوشتار با استفاده از تحلیل‌های میدانی تکتونیکی و با استفاده از نقشهٔ جابه‌جایی منطقه که توسط نرم‌افزار اسنپ تهیه شده است، بررسی خواهیم کرد آیا کاوش برای کاوش و ایجاد باطله در ناحیهٔ معدنی داشکسن آذرشهر بدون در نظر گرفتن مسائل تکتونیکی صحیح است؟

**۲- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ موردمطالعه**

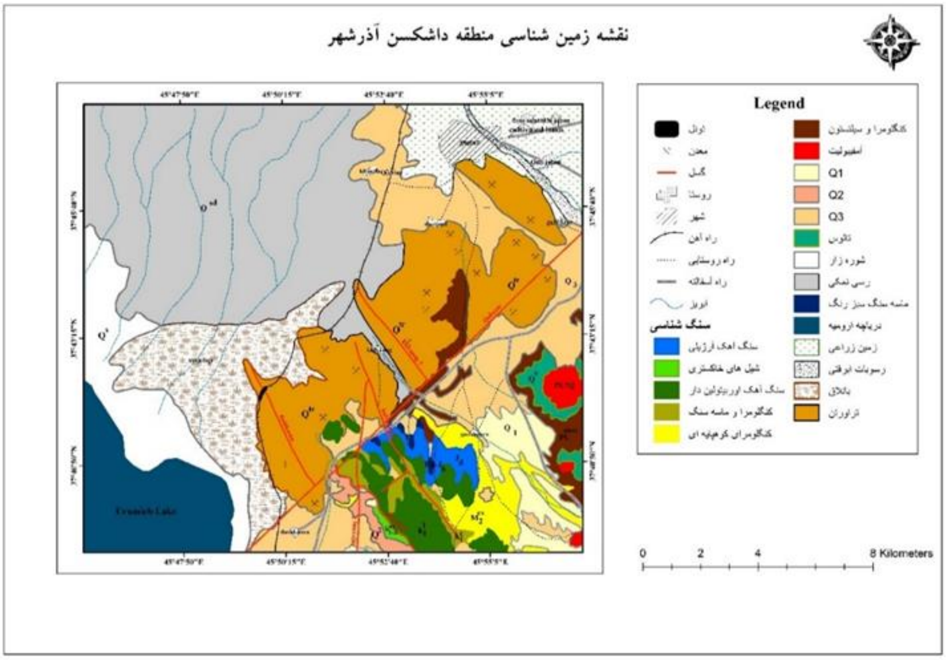
داشکسن یکی از روستاهای تاریخی استان آذربایجان شرقی است که در دهستان شیرامین بخش حومهٔ شهرستان آذرشهر که در جنوب تبریز، غرب آتشفشان سهند واقع شده است. دلیل نام‌گذاری این روستا بدین نام، معادن سنگ مرمر و آهک و تراورتن موجود در کوه‌های اطراف این روستا است. این روستا از سمت شرق به بزرگراه تبریز ـ میاندوآب و از سمت غرب به راه‌آهن تبریز ـ تهران دسترسی دارد.



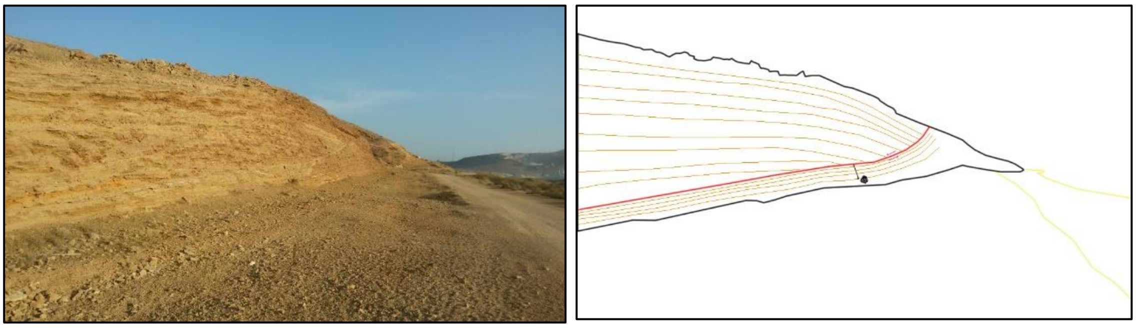

**شکل ۱- نقشهٔ موقعیت جغرافیایی منطقهٔ داشکسن آذرشهر**

منطقهٔ موردمطالعه (شکل ۱) بخشی از واحد ساختمانی ایران مرکزی است و سن شاخص در سنگ‌های منطقهٔ موردمطالعه ژوراسیک تا کواترنری است و فازهای کوه‌زایی مختلفی بر آن تأثیر گذاشته است که مهم‌ترین آن‌ها فاز

کوه‌زایی آلپین است. زمان پلیستوسن با رسوبات دریایی و تغییرات در شرایط قاره‌ای مشخص می‌شود و جدا از آن پلیستوسن با فعالیت‌های آتشفشانی در منطقه از اجتماع جریان‌های گدازه و توده‌های پیروکلاستیک مشخص می‌شود؛ البته با شرایط قاره‌ای آن دوران. قسمت شرقی منطقه آذرشهر تحت تأثیرآتشفشان سهند، از مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشانی ساخته شده است.

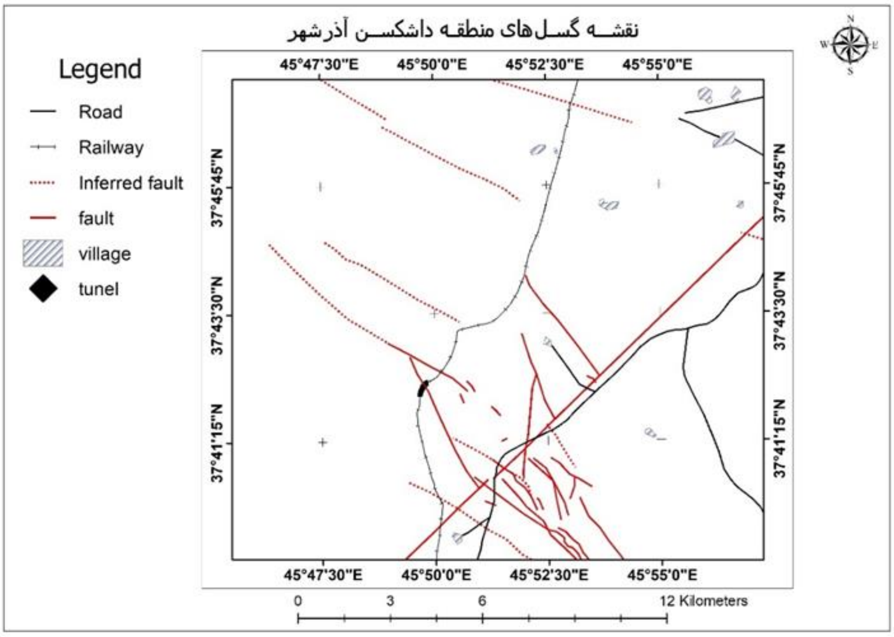



**شکل ۲- نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ موردمطالعه**



**شکل ۳- چین‌خوردگی همراه با گسل نرمال چپ‌بر غله آذر، جهت دید عکس (N65W). مقیاس: کیف و عصا**

این توده‌ها توسط رسوبات آتشفشانی به نام توف آبرفتی احاطه شده‌اند که در اطراف هسته آندزیتی ته نشست شده‌اند (معین وزیری و همکاران[1]، ۱۹۷۸). در قسمت جنوب غربی، سنگ بستر این منطقه شامل سنگ‌های آهکی کرتاسه همراه با تراورتن‌های پلیوسن می‌باشد در بخش‌های چین خوردهٔ لایه‌های شیلی توفیتی وجود دارند. با توجه به پیمایش و بررسی میدانی در منطقهٔ داشکسن و استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر، سنگ‌شناسی منطقهٔ موردمطالعه شامل تناوبی از واحدهای شیلی توفیتی، مارنی و دولومیتی ـــ آهکی خاکستری همراه با فسیل مرجان در بخش‌های آهکی می‌باشد و در نقطهٔ (رخنمون نزدیک به جادهٔ تبریز ـــ میاندوآب) همراه با حرکت نرمال چپ‌بر گسل غله آذر به امتداد (N80E) و شیب (10NW)، چین خوردگی همراه با گسل خوردگی در منطقه دیده می‌شود (شکل ۲).




**شکل ٤– نقشهٔ گسل‌های منطقهٔ داشکسن آذرشهر (تقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸ با تغییرات بیشتر)**

اشکال کله قندی در محل شکستگی‌های کششی که شیب ٦٥–٥٥ درجه دارند، دیده می‌شوند علاوه بر این واحدهای کواترنر به همراه نهشته‌های کوه پایه‌ای تراورتن و رسی نمکی در گسترهٔ منطقه وجود دارند پهنهٔ تقریبی تراورتنی با توجه به پیمایش‌ها در منطقهٔ موردمطالعه و نقشهٔ زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر از گوگان تا حوالی داشکسن حدود ١٤ کیلومتر و عرض میانگین این پهنهٔ تراورتنی حدود ٤٠٠ کیلومتر است (شکل ۳). از نشانه‌های

1 (Moinvaziri et al., 1978)

وجود فعالیت‌های زمین‌ساختی اخیر در این منطقه وجود چشمه‌های تراورتن‌ساز فعال می‌باشد تراورتن‌های گرمازاد معمولاً دارای برخی حامل‌های جوی هستند اما بیشتر حجم دی اکسید کربن آن‌ها از فرآیندهای گرمایی درون منشأ گرفته است نرخ گاززدایی این تراورتن‌ها بالاست و منجر به تشکیل بلورهای حبابی شکل و شعاعی می‌شود (شکل ۵) و نرخ رسوب‌گذاری به همان نسبت بالاست به طوری که نرخ رسوب‌گذاری بالاتر از ۱۰ میلیمتر در سال دارد تراورتن‌های گرمازاد توزیع محلی بیشتری نسبت به سایر نهشته‌های سطحی‌زاد دارند و بیشتر با مناطق آتشفشانی کواترنر و فعالیت‌های زمین ساختی همراه هستند (پور قاضی و همکاران، ۱۳۹۳).



**شکل ۵- تشکیل بلورهای حبابی شکل و شعاعی در چشمه‌های تراورتن ساز منطقه**

**۳- مواد و روش‌ها**

این مقاله بر اساس روش میدانی، کتابخانه‌ای و دفتری متکی است. ابتدا با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی، محدودهٔ موردمطالعه مشخص شد. با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر، مطالعات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشهٔ پیرامون گسل‌ها و سازندهای مختلف تهیه شده است. در پیمایش‌های میدانی، مطالعهٔ ساختارهای تکتونیکی زمین‌شناسی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیک در محدودهٔ اطراف منطقهٔ داشکسن با استفاده از ابزار کمپاس انجام شده است و سپس با استفاده از نرم‌افزار (آرک جی آی اس[1] ۱۰/۷) و نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای (به عنوان اطلاعات پایه وارد (آرک جی آی اس ۱۰/۷) شده و بعد از تعریف زمین مرجع و سیستم مختصات آن‌ها) لایه‌های مورد نیاز رقومی گردیده و نقشهٔ منطقه ترسیم شده و اندازه‌گیری لازم صورت گرفته است. در ارتباط با مطالعهٔ مخاطرات منطقه، مدل تکتونیکی شکستگی‌ها با نرم‌افزار (دیپس[2]) تولید شده و با استفاده از تصاویر سنجش از راه دور سنتینل ۱ به تاریخ‌های (۲۰۲۱/۱۱/۱۵) و (۲۰۲۲/۱/۲) تصویر جابه‌جایی منطقه را در محیط گوگل ارث[3] با شکستگی‌ها منطبق کرده و تحلیل نتایج انجام شده است.

1 (Arc GIS 10.7)
2 (Dips 5)
3 (Google Earth)

## ٤- بحث

### ٤-١- شواهد تکتونیک فعال در منطقهٔ موردمطالعه

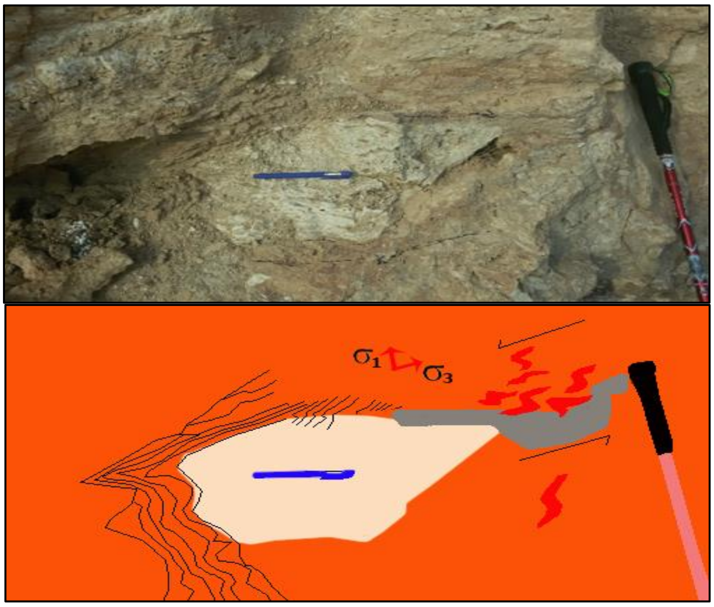
گسل‌های نرمال در منطقهٔ موردمطالعه در تقاطع با گسل اصلی و فعال منطقه هستند. گسل نرمال داشکسن با امتداد (N10W) و شیب (65 NE) در تقاطع با گسل نرمال فعال با مؤلفهٔ چپ‌بر غله آذر است. اکثر گسل‌های موجود در منطقه دارای سازوکار امتداد لغزی هستند و بر اثر اعمال نیروهای زمین‌ساختی (فشارشی) واحدهای توفیتی فرسایش یافته (هوازدگی پوست پیازی) به همراه رسوبات آهکی - دولومیتی چین‌خورده را در سطح زمین آشکار شده‌اند. در بعضی نواحی به‌خصوص در حریم جادهٔ آذرشهر - میاندوآب، به دلیل رژیم فرسایشی حاکم بر منطقه و عملکرد انسان (معدن‌کاوی و ساخت جادهٔ ارتباطی) بسیاری از آینه گسل‌ها و خش‌لغزهای موجود نابود شده‌اند ولی بر اساس نقشهٔ زمین‌شناسی ساختمانی منطقهٔ موردمطالعه (شکل ٤) و مشاهدات میدانی؛ گسل نرمال با مؤلفهٔ راست‌بر و امتداد (N10E) و شیب (15 NW) مورد شناسایی قرار گرفته است. گسل راست‌بر به‌صورت متقاطع با گسل داشکسن در منطقهٔ موردمطالعه است و در امتداد آن آثار ورود محلول‌های هیدروترمال در حفرات و درزه‌های کششی لایه‌های آهکی - دولومیتی چین‌خورده دیده می‌شوند (شکل ۷).



**شکل ٦- متروکه شدن معدن به دلیل توسعهٔ شکستگی‌های کششی و برشی، جهت دید (NE)**

بر اساس ساختارهای تکتونیکی موجود در لایه‌های آهکی - دولومیتی چین‌خورده در کنار جادهٔ آذرشهر - میاندوآب، زون برشی غالب در منطقه چپ‌بر است. معادنی که در امتداد گسل داشکسن مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند در نواحی نزدیک به گسل داشکسن، شکستگی‌های کششی و برشی توسعه یافته‌اند و پس از مدتی کوتاه استخراج معدن متوقف شده و حجم باطلهٔ زیادی در منطقه رها شده است (شکل ٦). در رژیم‌های فشارشی، سنگ‌ها در معرض چین‌خوردگی قرار می‌گیرند و با ادامهٔ چین‌خوردگی، در صورتی که تنش‌های فشارشی وارده بیشتر از

مقاومت سنگ‌ها شود، سنگ‌ها دچار گسلش و گسیختگی می‌شوند. در منطقهٔ موردمطالعه، امتداد اغلب صفحه محور چین‌خوردگی‌ها (N15W) بوده که به موازات روند گسل نرمال داشکسن شناسایی شده در منطقه است. با مشاهدات صحرایی گسل نرمال داشکسن با امتداد (N30W) و شیب (61 NE)، منجر به جابه‌جایی واحدهای چین‌خورده به اندازهٔ ۱۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۱۳۷۳ متر از سطح دریا شده است. لازم به ذکر است که حرکت راست‌بر گسل نرمال داشکسن رسوبات کواترنری جدید مانند اشکال کله قندی و واحدهای توفیتی که دچار فرسایش پوست‌پیازی شده‌اند را نیز تحت تأثیر قرار داده است لذا فعال بودن زمین‌ساخت به لحاظ مشاهدات میدانی کاملاً آشکار است (شکل ۸).




**شکل ۷- ساختارهای تکتونیکی زون برشی غالب در منطقهٔ داشکسن را چپ‌بر نشان می‌دهند، (37.66444’ N, 45.85083’ E) جهت دید (N80W)**

در منطقه ارتباط بسیار نزدیکی بین چین‌خوردگی و گسلش وجود دارد. علاوه بر این واحدهای توفیتی به دلایل گوناگونی نظیر تنش‌های فشارشی محلی یا ناحیه‌ای دچار فرسایش پوست پیازی شده‌اند همچنین فرآیند پوست پیازی شدن به فاکتورهای متعدد دیگر مانند: مقاومت سنگ‌ها، نوسانات دمایی، تنش‌های باقی‌مانده و پوشش گیاهی نیز ارتباط داده می‌شوند (جانسون[1]، ۱۹۷۰؛ هولژوسن[2]، ۱۹۸۹). در منطقهٔ موردمطالعه، واحدهای توفیتی با فرسایش پوست پیازی، نشان داده شده است (شکل ۹). در امتداد حرکت گسل نرمال داشکسن که تقریباً ۱۰ سانتی‌متر در حال حاضر حرکت داشته است واحدهای توفیتی گسل خورده و تخریب شده مشاهده می‌شود (شکل ۱۰). در منطقهٔ

1 (Johnson, 1970)
2 (Holzhausen, 1989)

موردمطالعه چین‌خوردگی طویل نامتقارن در جهت امتداد گسل نرمال داشکسن شناسایی شد (شکل ۱۱) که بر روی نقشهٔ ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر با جهت شمال شرق ـ جنوب غرب نشان داده شده است.



(b) (a)

**شکل ۸- (a) حرکت گسل نرمال داشکسن منطقه منجر به شکستگی اشکال کله قندی شده است، جهت دید (N10W)؛ (b) حرکت گسل نرمال داشکسن باعث جابه‌جایی چین به اندازهٔ ۱۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۱۳۷۳ متری شده است، جهت دید (N60E).**



**شکل ۹- فرسایش پوست پیازی در واحدهای توفیتی، جهت دید به سمت (NE)**



**شکل ۱۰- تخریب واحدهای توفیتی دچار فرسایش پوست پیازی تحت تأثیر حرکت راست‌بر گسل نرمال داشکسن منطقه، جهت دید به سمت (NE)**

لازم به ذکر است که چین‌خوردگی نامتقارن داشکسن تحت تأثیر سایر گسل‌های نرمال دچار فرسایش و جابه‌جایی شده است. اشکال کله قندی و چشمه‌های تراورتن‌ساز منطقه در ارتباط با گسل داشکسن و توسعهٔ شکستگی‌های کششی در چین نامتقارن است. گسل داشکسن، ٤/٨٤ کیلومتر طول دارد و تا تونل ایستگاه راه‌آهن تبریز ـ تهران امتداد دارد (شکل ۱۲).



**شکل ۱۱- چین نامتقارن داشکسن به همراه توسعهٔ درزه‌های برشی و کششی و وجود اشکال کله قندی، جهت دید (N70W)**

در دامنه‌های مشرف بر گسل‌خوردگی داشکسن (شکل ۱۳) گسل نرمال دیگری با امتداد (N60E) و شیب ( 65 NW) که در نقشهٔ ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی آذرشهر ترسیم نشده است، دیده می‌شود. حرکات این گسل منجر به

تخریب واحدهای چین‌خورده و تغییر شکل آن‌ها شده است. گسل نرمال به‌صورت متقاطع با گسل و چین نامتقارن داشکسن است.



**شکل ۱۲- تونل و راه‌آهن تبریز ـ تهران در انتهای مسیر حرکت گسل نرمال راست‌بر داشکسن همراه با توسعهٔ فرسایش حفره‌ای ناشی از تخریب شیمیایی سنگ‌ها، جهت دید (N75E).**

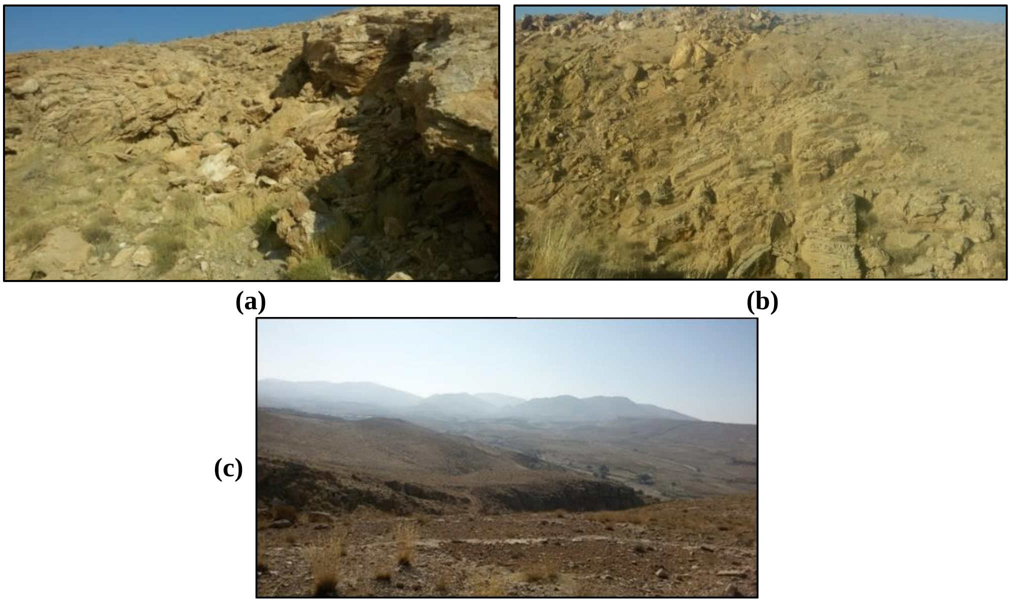


**شکل ۱۳- تخریب و تغییر شکل واحدهای چین‌خورده تحت تأثیر گسل نرمال مخفی، جهت دید (N20W).**



**شکل ١٤- وجود حفرات بزرگ فرسایشی در محل تقاطع گسل نرمال مخفی با چین داشکسن، ( 37.668611° N, 45.841667° E) و جهت دید (N50E)**

گسل نرمال مخفی با افزایش شیب لایه‌های چین‌خورده منجر به ناپایداری سنگ‌ها و ریزش آن‌ها به پایین دست منطقه شده است. نحوۀ تشکیل حفرات فرسایشی بزرگ در محل تقطع گسل نرمال مخفی با گسل داشکسن طبق نوشتار (شاکر اردکانی و همکاران، ١٣٩٢)، احتمالاً بدین صورت است که سنگ‌ها یا صخره‌ها در شب از شبنم مرطوب شده و این رطوبت در روز بر اثر تابش نور خورشید بنا به دلیل خاصیت مویینگی به سطح سنگ صعود می‌نماید و سپس تخریب می‌شود بر اثر تکرار این فرآیند موادی که ذرات سنگ را به یکدیگر متصل می‌کرده‌اند تخریب شده و از بین می‌روند و در نتیجه سنگ از داخل تجزیه شده و حفرات کم و بیش بزرگی در آن ایجاد می‌شوند البته لازم به ذکر است درزه‌ها و شکستگی‌های ناشی از فرآیند تکتونیکی و هوازدگی آبی و بادی در تشکیل این حفرات فرسایشی مؤثر هستند. این حفرات فرسایشی محل زندگی کبک و سایر پرندگان است (شکل ١٤). در جایی که شیب گسل داشکسن زیاد می‌شود و به‌خصوص در محل تقاطع با گسل مخفی منطقه؛ فرسایش و خرد شدگی افزایش می‌یابد و درۀ کم عمق عمود بر امتداد گسل و چین‌خوردگی داشکسن ایجاد شده است. در درۀ گلوانق، گسل نرمال انشعاب یافته از گسل گلوانق III با امتداد (N15W) و شیب (75 NE) (شکل ١٥) چین‌خوردگی‌های نامتقارن را تحت تأثیر قرار داده و منجر به خرد شدن و ناپایداری سنگ‌ها در امتداد روند گسل شده است (شکل ١٦).

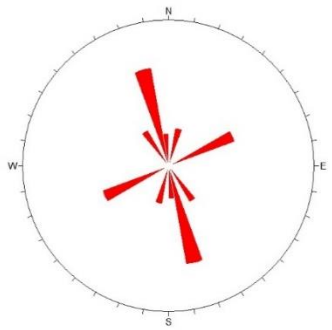


**شکل ۱۵- (a) تشکیل درهٔ کم عمق بر اثر فرسایش و خردشدگی چین، جهت دید (N35W)؛ (b) گسل نرمال احتمالی به امتداد (N65E) و شیب (50NW) که منجر به جابه‌جایی در چین شده است، جهت دید (N25W)؛ (c) درهٔ فرسایشی ناشی از حرکت گسل کلوانق III و ایجاد چین خوردگی در محل تقاطع با گسل نرمال احتمالی، جهت دید (N75E)**



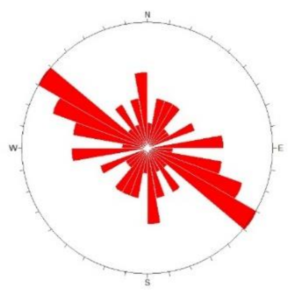

**شکل ۱٦- ایجاد چین‌خوردگی‌های نامتقارن در جهت امتداد گسل نرمال احتمالی، جهت دید (N10W)**

با اســـتفاده از ابزار کمپاس و به‌منظور مطالعهٔ تکتونیک منطقهٔ موردمطالعه؛ تعداد ۹ گســـل مؤثر در توســـعهٔ شکستگی‌ها شناسایی گردید و با ترسیم نمودار گل‌سرخی گسل‌ها مشخص شده است که راستای اکثر گسل‌ها در منطقهٔ موردمطالعه NW-SE بوده و امتداد آن‌ها N10-20W اســـت و تعدادی نیز با امتداد بین N60-70E عمود بر گسل‌های اصلی منطقه هستند و بر اساس مشاهدات میدانی بیشتر ناپایداری دامنه‌ای در منطقهٔ موردمطالعه در ارتباط با گسل‌های شمال‌غربی است (شکل ۱۷).



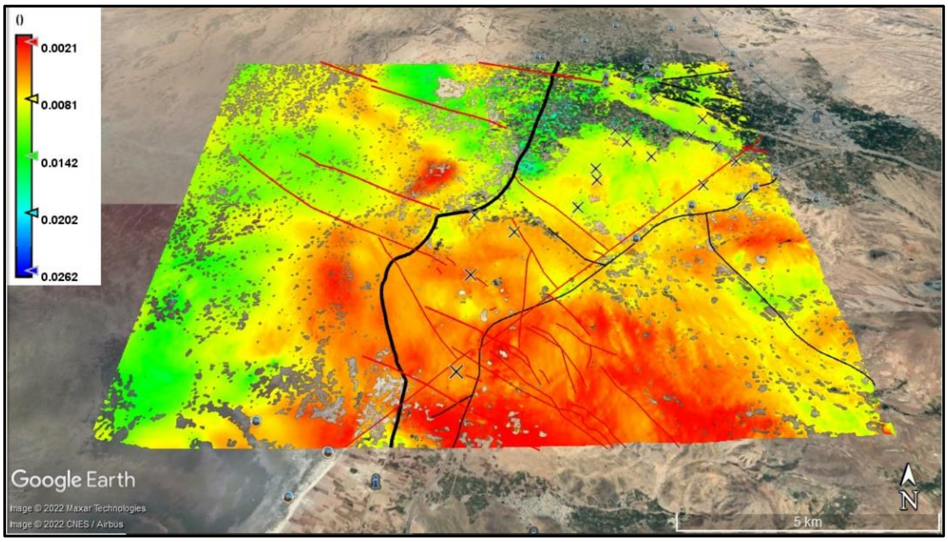

**شکل ۱۷- نمودار گل سرخی گسل‌های منطقهٔ موردمطالعه**

اغلب درزه‌ها در منطقه درزه‌های برشی هستند که هم راستا با گسل‌خوردگی غالب در منطقهٔ موردمطالعه تشکیل شـده‌اند و منجر به افزایش شـکسـتگی و ناپایداری دامنه‌ای شـده اسـت ولی درزه‌هایی که در جهت شـمال شـرق – جنوب غرب توسعه دارند درزه‌های کششی هستند. (شکل ۱۸).




**شکل ۱۸- نمودار گل سرخی درزه‌های منطقهٔ موردمطالعه**

با انطباق گسل‌ها با نقشۀ جابه‌جایی منطقۀ موردمطالعه می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین جابه‌جایی و به‌موجب آن شکستگی سنگ‌ها در ارتباط با گسل‌های نرمال فرعی با راستای شمال‌غرب – جنوب شرق است؛ بنابراین معادنی که در راستای گسل‌های نرمال فرعی با جهت شمال غرب – جنوب شرق قرار می‌گیرند دارای شکستگی فراوان هستند و استخراج و کاوش در این محدوده صحیح نیست و علاوه بر این راه‌آهن، تونل و بخشی از جادۀ اصلی در معرض خطر از ناحیۀ گسلش نرمال فعال منطقه و ناپایداری‌های دامنه‌ای هستند (شکل ١٩).

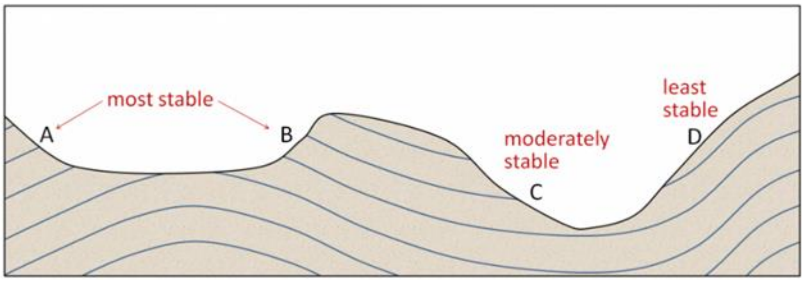



**شکل ١٩- نقشۀ جابه‌جایی سنجش از راه دور منطقۀ موردمطالعه**

## ۵- نتیجه‌گیری

ناپایداری دامنه‌ای به دلیل بالا آمدگی بر اثر فرآیندهای تکتونیکی ایجاد شده است. فرسایش، پاسخ به آن همه صعود و فرونشست است و انواع مختلف فرسایش (طبیعی و یا انسانی) شیب‌های متنوعی را در نواحی بالا آمدگی ایجاد می‌کند پایداری شیب درنهایت با دو عامل تعیین می‌شود: زاویۀ شیب و استحکام مواد روی آن. هم چنان که در (شکل ٢١) نشان داده شده است ٢ معدن به فاصلۀ چندین متر از هم در درۀ گلوانق مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که باطله‌های سنگی معدنی واقع در یکی از دامنه‌های با شیب زیاد توسط نیروی گرانش به سمت پایین کشیده شده است. نیروی برشی، برای آن که بخواهد بلوک را به سمت پایین شیب بکشد، باید بر قدرت اتصال بین بلوک و شیب غلبه کند؛ و این در صورتی میسر خواهد بود که بلوک از بدنۀ اصلی دامنه جدا گردد و کاملاً ضعیف شود این در حالی است که اگر بلوک هنوز جزیی از صخره‌های سنگی باشد بسیار قوی خواهد بود و عمل جدایش رخ نمی‌دهد و انسان با معدن‌کاری در محیط و جدایش بلوک‌ها منجر به جابه‌جایی نیروها و فرسایش بیشتر محیط می‌گردد این در

حالی اســت که معدن دومی که در فاصــلهٔ کمتری از معدن اولی مورد بهره‌برداری قرار گرفته اســت به دلیل کم بودن شیب دامنه بلوک‌های باطلهٔ معدنی کمتر به سمت پایین شیب متمایل شده‌اند. قدرت مواد روی دامنه می‌تواند خیلی مؤثر باشد سنگ‌های قوی بسیاری مانند سنگ‌های آتشفشانی بازالت و گنیس وجود دارند ولی سنگ‌های دگرگون شده‌ای مانند شیست‌ها قدرت متوسطی از خود نشان می‌دهند سنگ‌های رسوبی قدرت‌های متفاوتی دارند بیشتر دولستون‌ها و لایمستون‌ها بسیار قوی هستند ولی بیشتر ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها قدرت متوسطی دارند ولی بعضی ماسه‌سنگ‌ها و مادستون‌ها بسیار ضعیف هستند شکستگی‌ها، برگوارگی یا لایه بندی‌ها به طور مشخص می‌توانند قدرت سنگ را کاهش دهند به‌خصوص اگر این صفحات ضعیف موازی با شیب باشند بحرانی‌تر خواهد بود و در صورت عمود بودن کمتر بحرانی است این در (شکل ۲۰) به خوبی نشان داده شده است. در محل‌های A و B بستر تقریباً عمود بر شیب و وضعیت نسبتاً پایدار است ولی در محل D بستر تقریباً موازی با شیب و وضعیت کاملاً ناپایدار است. در محل C، بستر تقریباً افقی است و پایداری به عوامل دیگری مانند فاصلهٔ درزه‌ها و شکستگی‌ها وابسته است (ایرلی[1]، ۲۰۱۵).




**شکل ۲۰- وضعیت پایداری مواد دامنه‌ای در موقعیت‌های مختلف**



**شکل ۲۱- دو معدن تراورتن با فاصلهٔ نه چندان دور از هم ولی در شیب‌های متفاوت، جهت دید (N55E)**

1(Earle, 2015)

به‌خصوص اینکه در محدودهٔ اطراف معادن با موقعیت شیب زیاد، تأسیسات حمل و نقل و غیره نیز باشد و در موقع رویدادهای تکتونیکی همچون زلزله، ریزش باطله‌ها جان انسان‌ها را تهدید خواهد کرد؛ بنابراین سود آوری نباید منجر به تهدید جان انسان‌ها باشد. در منطقهٔ موردمطالعه وجود خطوط راه‌آهن در کنار دامنه‌های ناپایدار کاملاً قابل مشاهده است (شکل ۲۲)؛ بنابراین در مطالعات امکان سنجی، همهٔ عوامل طبیعی و انسانی در مکان‌یابی معادن به‌خصوص در مناطق در معرض خطر زلزله مورد توجه قرار گیرند. طبیعت بر نحوهٔ برداشت از معادن تأثیر می‌گذارد و معادن بر سلامتی انسان‌ها و حیوانات؛ در مواقع سیل و زلزله و سایر بحران‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد.



**شکل ۲۲- وجود خطوط راه‌آهن تبریز ـ تهران در مناطق نزدیک به دره‌های فرسایش یافته و نقاط معدنی، جهت دید (N55E)**

**٦- جمع‌بندی**

با مشاهدات میدانی گسل نرمال داشکسن، منجر به جابه‌جایی واحدهای چین‌خورده به اندازهٔ ۱۰ سانتی‌متر در ارتفاع ۱۳۷۳ متر از سطح دریا شده است. لازم به ذکر است که حرکت راست‌بر گسل نرمال داشکسن رسوبات کواترنری جدید مانند اشکال کله قندی و واحدهای توفیتی که دچار فرسایش پوست‌پیازی شده‌اند را نیز تحت تأثیر قرار داده است لذا فعال بودن زمین‌ساخت به لحاظ مشاهدات میدانی کاملاً آشکار است و در جایی که شیب گسل داشکسن زیاد می‌شود و به‌خصوص در محل تقاطع با گسل مخفی منطقه؛ فرسایش و خرد شدگی افزایش می‌یابد و درهٔ کم عمق عمود بر امتداد گسل و چین‌خوردگی داشکسن ایجاد شده است.

اشکال کله قندی و چشمه‌های تراورتن‌ساز منطقه در ارتباط با گسل داشکسن و توسعهٔ شکستگی‌های کششی در چین نامتقارن ایجاد شده‌اند. با استفاده از ابزار کمپاس و به‌منظور مطالعهٔ تکتونیک منطقهٔ موردمطالعه؛ تعداد ۹ گسل مؤثر در توسعهٔ شکستگی‌ها شناسایی گردید و با ترسیم نمودار گل‌سرخی گسل‌ها مشخص شده است که راستای

اکثر گسل‌ها در منطقهٔ موردمطالعه NW-SE بوده و امتداد آن‌ها N10-20W است و تعدادی نیز با امتداد بین N60-70E عمود بر گسل‌های اصلی منطقه هستند و بر اساس مشاهدات میدانی بیشتر ناپایداری دامنه‌ای در منطقهٔ موردمطالعه در ارتباط با گسل‌های شمال‌غربی است و از ۱۲ ایستگاه درزه نگاری مجموعاً ٤٩ درزه اندازه‌گیری شده است و اغلب درزه‌ها در منطقه درزه‌های برشی هستند که هم راستا با گسل‌خوردگی غالب در منطقهٔ موردمطالعه تشکیل شده‌اند و منجر به افزایش شکستگی و ناپایداری دامنه‌ای شده است ولی درزه‌هایی که در جهت شمال شرق – جنوب غرب توسعه دارند درزه‌های کششی هستند. با انطباق گسل‌ها با نقشهٔ جابه‌جایی منطقهٔ موردمطالعه می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین جابه‌جایی و به‌موجب آن شکستگی سنگ‌ها در ارتباط با گسل‌های نرمال فرعی با راستای شمال‌غرب – جنوب شرق است؛ بنابراین معادن نیز باید در بخش‌های مرکزی و جنوب منطقهٔ داشکسن دارای شکستگی فراوان باشند و استخراج و کاوش در این محدوده صحیح نیست و علاوه بر این راه‌آهن، تونل و بخشی از جادهٔ اصلی در معرض خطر از ناحیهٔ گسلش نرمال فعال منطقه و ناپایداری‌های دامنه‌ای هستند. تراکم فعالیت معدنی در منطقهٔ داشکسن بسیار بالاست و همچنان که در نقشهٔ جابه‌جایی منطقهٔ موردمطالعه دیده می‌شود لازم است در نقاطی که شیب دامنه بسیار زیاد است به‌خصوص در مناطق معدنی دارای درزه و شکستگی فراوان که در مجاورت پروژه‌های مهندسی از قبیل تونل و خطوط راه‌آهن هستند باید اقدامات لازم برای پایدارسازی دامنه‌ای صورت گیرد؛ بنابراین فعالیت استخراج و کاوش معادن در محیط نباید منجر به خطر افتادن جان مردم گردد و لازم است که در دادن مجوز برای فعالیت‌های معدنی؛ مسائل حفاظت از محیط‌زیست انسان و حیوان، حفاظت از پروژه‌های مهندسی نزدیک به نقاط معدنی و حتی بهداشت و ایمنی ساکنان منطقه مورد توجه قرار گیرد.

## کتابنامه


احمدزاده، حسن؛ روستائی، شهرام؛ نیکجو، محمدرضا؛ دهقانی، مریم؛ ۱۳۹۷. برآورد مساحت و حجم تودهٔ لغزشی با استفاده از تکنیک‌های InSAR و مشاهدات GPS (مطالعه موردی پهنه لغزشی روستای گوگرد). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، ٤(۲), ۱۸–۲۸.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1394.4.2.2.7

الهی، علی؛ رنجبر، حجت الله؛ شهاب پور، جمشید؛ ۱۳۹۳. کاربرد سنجش از دور در مخاطرات زیست‌محیطی زغال‌سنگ از معدن تا کارخانه در ناحیه زغالی کرمان، کنگره ملی صنایع آهن و فولاد.

https://civilica.com/doc/384495/

افشاری، امیر؛ قهرودی تالی، منیژه؛ صدوق، سیدحسن؛ احتشامی معین آبادی، محسن؛ ۱۳۹۸) ارزیابی ناپایداری دامنه‌ها در ناحیه راه‌آهن لرستان با استفاده از روش تداخل سنجی تفاضلی راداری (DInSAR). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. شماره ۳، صص ۱۸۳–۲۰۲

https://www.geomorphologyjournal.ir/article_102801.html

پور قاضی، جواد؛ گنجعلی، سعید؛ مؤذن، محسن؛ ستوهیان، فرزاد؛ ۱۳۹۳. بررسی توانمندی‌های محیطی شهرستان آذرشهر به عنوان دومین ژئوپارک ایران، *فصلنامه انسان و محیط‌زیست*، شماره ۳۱، ص ۱ ـ ۱۱
https://he.srbiau.ac.ir/?_action=article&kw=15658&_kw=%D8%A2%D8%B0%D8%B1%D8%A8%D8%A7%DB%8C%D8%AC%D8%A7%D9%86+%D8%B4%D8%B1%D9%82%DB%8C
تقی پور، کریم؛ خطیب، محمدمهدی؛ هیهات، محمودرضا؛ واعظی هیر، عبدالرضا؛ شبانیان، اسماعیل؛ ۱۳۹۸. نقش کنترل کننده‌های ساختاری در هیدروژئوشیمی چشمه‌های تراورتن ساز منطقه آذرشهر، شمالغرب ایران. *زمین شناسی ایران*. شماره ۵۲، صص ۱۰۵–۱۲۱
http://geology.saminatech.ir/fa/Article/9757
حاجی حسینلو، حسن؛ عباسیان ولندر، رضا؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش‌های سنگی در منطقهٔ بند ارومیه (مسیر جادهٔ ارومیه ـ سیلوانا) با استفاده از روش آنبالاگان، *فصلنامهٔ جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شمارهٔ ۲۹، صص ۸۳–۱۰۲
https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.77318
حاج علی اوغلی، شراره؛ الماسیان، محمود؛ پورکرمانی، محسن؛ ۱۳۹۱. شاخص‌های مورفومتریک در شناسایی تکتونیک فعال افیولیتهای نواحی تربت‌حیدریه کاشمر با بهره‌گیری از روش‌های سنجش از دور، اولین کنفرانس ملی راه‌کارهای دستیابی به توسعهٔ پایدار (کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست)، تهران.
https://civilica.com/doc/197732
حیدری جوانمردی، مصطفی؛ اسماعیلی، علی؛ ۱۳۹۵. بررسی میزان کارایی سنجش از دور در تشخیص اکسید آهن (مگنتیت)، مطالعهٔ موردی معدن چادرملو– یزد، همایش ملی ژئوماتیک، دورهٔ ۲۳.
https://sid.ir/paper/893305/fa
روستایی، شهرام؛ روستایی، مهاسا؛ شریفی کیا، محمد؛ یاراحمدی، جمشید؛ ۱۳۹۲. کاربرد تداخل سنجی تفاضلی راداری در شناسایی و پایش زمین‌لغزش‌ها، مطالعهٔ موردی: حوزه آبخیز گرم چای میانه.
https://civilica.com/doc/1361062
سپاسدار، علیرضا؛ زمانی، احمد؛ یزجردی، کوروس، پورکرمانی، محسن؛ قریشی، منوچهر؛ ۱۳۹۸. تأثیر تکتنواستراتیگرافی بر محیط‌زیست در معدن سرب و روی کوه سورمه استان فارس. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۱(۸), ۸۹–۹۹.
https://jest.srbiau.ac.ir/article_15123.html
شاکر اردکانی، علیرضا؛ درگاهی، سارا؛ امیرپور، حامد؛ ۱۳۹۲. نحوه تکوین هوازدگی کروی و فرسایش پوست پیازی در توده‌های دیوریتی– کوارتز دیوریتی قلعه گنج کرمان. *پژوهش‌های فرسایش محیطی*; ۳ (۲): ۲۷–۳۷
http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-146-fa.html
علوی پناه، سیدکاظم؛ قربانی، محمدصدیق. (۱۳۸٦. نقش سنجش از دور و بررسی‌های میدانی در تجزیه‌وتحلیل‌های مورفوتکتونیکی: مطالعهٔ موردی زلزلهٔ بم. *پژوهش‌های جغرافیایی*. ۳۹(٦۰), ۱۵–۲۹.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=67049

قربانی، علی؛ هنرمند، مهدی؛ حسنی، محمدجواد؛ شهریاری، هادی؛ ۱۳۹٤. استفاده از فناوری سنجش از دور در ارزیابی زیست‌محیطی معدن روی گوجر، استان کرمان، کنگره بین المللی تخصصی علوم و زمین، دورۀ ۳٤
https://www.sid.ir/paper/842354/fa

مصطفایی، کامران؛ ۱۳۹۰. *کاربرد سنجش از دور در اکتشاف معدن*
https://civilica.com/doc/603359

ملکی، امجد؛ محمدی، سارا؛ دولتیاری، خدیجه؛ ۱۳۹۱. بررسی اثرات ژئومورفولوژیکی معدن (مطالعۀ موردی: تعدادی از معادن شهرستان کرمانشاه)، *فصلنامۀ پژوهش‌های دانش زمین*، شمارۀ ۱۰، صص ۹۸–۱۰۸
https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088299.1391.3.2.7.2

Dong, J., Liao, M., Xu, Q., Zhang, L., Tang, M., Gong, J., 2018. Detection and displacement characterization of landslides using multitemporal satellite SAR interferometry: A case study of Danba County in the Dadu River Basin. Engineering Geology, No 240, pp95– 109. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.04.015

Earle, S., 2015. Physical Geology, BCcampus, 641 PP. https://opentextbc.ca/physicalgeology2ed/

Haigh, M.J., 1978. The Evolution of Slopes on Artificial Landforms, Blaenavon, UK. University of Chicago Press, Chicago, IL, 307 pp. ISBN: 978-0-89065-090-5

Holzhausen, G. R., 1989. Origin of sheet fracture, 1. Morphology and boundary conditions. Journal of engineering geology, 27: 225-278. https://doi.org/10.1016/0013-7952(89)90035-5

Infante, D., Confuorto, P., Dimartire, D., Ramondini, M., Calcaterra, D,2016. Use of DInSAR data for multi-level vulnerability assessment of urban settings affected by slow-moving and intermittent landslides. Procedia Engineering, No 158, pp470-475. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.474

Johnson, R. M., 1970. Physical processes in geology. Freeman and Company, San Francisco, 71-98. ISBN: 978-0877353195

Lazecky, M., Canaslan, C., Hlavacova, I., Gurboga, S., 2015. Practical Application of Satellite-Based SAR Interferometry for the Detection of Landslide Activity. procedia Earth and Planetary Science, No 15, pp 613-618. https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.08.113

Moinvaziri, H. and Aminsobhani, I., 1978. Volcanological and volcano-sedimentological study of Sahand Mountain. TheUniversity of Tarbyat Moallim. Tehran. A report in Persian. https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:9373413

Suto, L., 2010. Extraction of fossil fuels. In: Szabo´, J., David, L., Loczy, D. (Eds.), Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 131–154 (Chapter 10). http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-3058-0